

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пригара Андрея Михайловича на тему «Научно-методические основы оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Диссертационная работа Пригара А.М. посвящена решению актуальной научно-практической проблемы – повышению безопасности подземной разработки соляных месторождений путем разработки и совершенствования методов инженерно-геологической оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем (ПТС).

*Актуальность темы* определяется сохраняющейся аварийностью на соляных рудниках, в том числе на Верхнекамском месторождении солей (ВКМС). Существующие нормативные требования и методы мониторинга не в полной мере позволяют с достаточной точностью прогнозировать активизацию опасных геологических процессов, что указывает на недостаточную обоснованность инженерно-геологических моделей. В связи с этим *цель работы* в виде разработки научно-методических основ оценки устойчивости ПТС на базе высокоразрешающей шахтной сейсморазведки, представляется весьма важной.

Для достижения поставленной цели автором решен ряд *задач*: оценка геотехнических характеристик геологической среды соляных месторождений и сочетания природных и техногенных факторов, приводящих к активизации опасных процессов; создание программно-алгоритмического комплекса для численного моделирования волновых полей; разработка методики полевых шахтных сейсморазведочных работ и высокоразрешающего метода шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений (ПВРО); получение новых данных по инженерно-геологическим условиям, влияющим на состояние ПТС; комплексный анализ условий, сопутствующих опасным процессам; разработка инженерно-геологической модели ПТС; создание методики выявления изменений в структурных характеристиках геологического разреза и литологических свойств пород по вертикальному разрезу; разработка детального сейсмического мониторинга гидроизолирующих целиков; апробация и внедрение результатов исследований.

*Научная новизна* диссертационной работы заключается в следующем. Впервые применительно к соляным месторождениям разработаны научно-методические основы инженерно-геологической оценки и прогноза устойчивости ПТС на базе бурения, горнопроходческих работ и высокоразрешающей шахтной сейсморазведки. Созданы алгоритмы численного моделирования и обработки волновых полей в условиях полного

пространства, установлены закономерности распространения упругих волн, определившие выбор параметров выполнения шахтных сейсморазведочных работ. Разработан новый высокоразрешающий метод шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений (ПВРО), новизна которого заключается в целом ряде нововведений, от методики полевых работ и до создания математического аппарата и алгоритмов обработки для подавления интерференции отражений. Впервые на Верхнекамском месторождении солей (ВКМС) выявлены каньонообразные эрозионные врезы, установлены критерии их идентификации и создана динамическая модель их возникновения и влияния на ПТС. Созданы инженерно-геологические модели ПТС, учитывающие геологическое строение, геоморфологические признаки и тектоническую структуру с выделением структурных элементов по различиям в упругих свойствах пород. Установлены количественные закономерности влияния структурных параметров (наличие поднятия, мощность ритмопачек и покровной каменной соли, угол падения пластов, расстояние от оси поднятия) на риск возникновения опасных процессов, что позволило создать формализованную методику оценки характеристик геологического разреза по вертикали. Создана технология анализа и прогноза состояния гидроизолирующих целиков, основанная на мониторинге геометрических и инженерно-геологических характеристик массивов горных пород между подземными сооружениями с использованием метода ПВРО в горизонтальной плоскости.

*Достоверность полученных результатов* подтверждена сопоставлением теоретических и натурных экспериментов, заверкой итогов оценки и прогноза контрольным бурением и маркшейдерскими замерами на промышленных объектах, в том числе при изучении участков утраты целостности водозащитной толщи и гидроизолирующих целиков.. Автором использован комплексный подход, интегрирующий инженерно-геологическое районирование, грунтоведческие методы и геофизические методы (шахтную сейсморазведку). В работе применены численное моделирование (Ansys, Tesseral, FS), физическое моделирование, статистический анализ, аналитические и корреляционные методы перехода от упругих параметров к прочностным и деформационным характеристикам. Фактический материал основан на результатах опытно-промышленных работ, выполненных при непосредственном участии автора в течение 28 лет.

*Практическая значимость* работы выражена тем, что разработанный метод шахтной сейсморазведки ПВРО (патент на изобретение РФ) внедрен в производственный процесс и обеспечивает детальное изучение геологического строения водозащитной толщи и состояния гидроизолирующих целиков с разрешающей способностью до 1–2 м. Созданное программное обеспечение (12 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ) используется при обработке и интерпретации данных, численном моделировании и районировании. Полученные новые



геологические сведения (эрозионные врезы, характеристики внутрисоляных деформаций, зон замещения и инверсионного рельефа, уточненная структура водозащитной толщи) учтены при построении инженерно-геологических моделей участков ВКМС, проектировании горных работ, разведке и доразведке месторождения, а также при разработке проектов ликвидации участков шахтных полей. Разработанные методики и классификации состояний ПТС позволяют обоснованно выделять участки с недопустимым риском активизации опасных процессов и своевременно корректировать проектные решения, что предотвращает потери запасов полезных ископаемых, повышает безопасность горных работ и снижает затраты на геологоразведочные работы. Результаты рекомендованы к использованию в учебном процессе, при проектировании, строительстве и эксплуатации подземных сооружений на соляных месторождениях, а также для совершенствования нормативно-технической документации.

Решения поставленных задачи, сформулированные в четырех защищаемых положениях, можно считать вполне обоснованными и доказанными. Особый интерес представляют модели формирования каньонов в инверсионных поднятиях соляного комплекса. В дальнейшем можно было их развить с позиции эффектов П.А.Ребиндера.

Судя по автореферату к работе имеются следующие *замечания*:

1. В автореферате недостаточно полно раскрыты ограничения разработанного метода ПВРО в сложных горно-геологических условиях, например, при наличии сильно нарушенных зон с высоким поглощением упругих волн. В тексте упоминается проблема интерференции отражений из разных полупространств, но не приведены конкретные количественные критерии применимости метода в зависимости от акустической жесткости границ и уровня шумов.

2. Для мониторинга гидроизолирующих целиков предлагается использовать комплекс сейсмических атрибутов (таблица 4), однако не указаны пределы изменения этих атрибутов, соответствующие критическому состоянию целика. Не показана связь между изменением сейсмических атрибутов и конкретными физико-механическими процессами.

3. В начале автореферата надо было привести расшифровку сокращений, что сильно облегчило бы восприятие иллюстраций, особенно разрезом на рис. 5, 6 и др.

Указанные замечания и не снижают общей высокой научной и практической ценности работы. Они скорее относятся к области дальнейшего совершенствования методик и не влияют на обоснованность основных защищаемых положений.

Диссертация Пригара Андрея Михайловича «Научно-методические основы оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения,

совокупность которых можно квалифицировать как решение крупной научной проблемы инженерно-геологического обеспечения безопасной разработки соляных месторождений, имеющей важное социально-экономическое и хозяйственное значение.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а также научной специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Я, Игнатов Петр Алексеевич даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Игнатов Петр Алексеевич

профессор, доктор геолого-минералогических наук (специальность 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения), заведующий кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), Москва, Волгина, 23  
Телефон 8-916-8560427

E-mail petrignatov@gmail.com

\_\_\_\_\_ [Игнатов П.А.]  
подпись

18.08.2026 г.

Подпись Игнатова П. А. заверяю: